

PENERAPAN METODE FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS UNTUK MENGANALISIS EFISIENSI KINERJA RUTE PENERBANGAN MASKAPAI PENERBANGAN (STUDI KASUS DI PT. GARUDA INDONESIA TBK)

Ahmad Farid Ma'ruf, Mardlijah

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: mardlijah@matematika.its.ac.id

Transportasi udara merupakan jenis transportasi yang dalam beberapa tahun terakhir terus mengalami peningkatan jumlah penggunaannya. Efisiensi rute penerbangan pada maskapai penerbangan sangat penting untuk mendapatkan produktivitas dan keuntungan yang optimal bagi perusahaan. *Fuzzy Data Envelopment Analysis* adalah sebuah teknik untuk menghitung efisiensi relatif pada *Decision Making Unit* (DMU) yang melakukan tugas-tugas yang sama dengan setiap *input* dan *output* merupakan *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. Pada penelitian ini, *fuzzy Data Envelopment Analysis* dengan pendekatan α – *level based approach* digunakan untuk menghitung tingkat efisiensi relatif pada kinerja rute penerbangan internasional di PT. Garuda Indonesia (persero) Tbk pada aspek biaya dan aspek layanan. Didapatkan hasil berupa tingkat efisiensi dan *ranking* dari kinerja rute penerbangan internasional tersebut beserta nilai target variabel bagi rute yang tidak efisien. Hasil lainnya diperoleh *peer group* dan analisis sensitivitas variabel sebagai informasi tambahan dalam perhitungan tingkat efisiensi pada kinerja rute penerbangan internasional PT. Garuda Indonesia Tbk.

Kata Kunci: Efisiensi, Rute internasional, PT. Garuda Indonesia, *Fuzzy DEA*, α – *level based approach*.

I. PENDAHULUAN

Transportasi udara adalah moda transportasi yang dalam beberapa tahun terakhir terus mengalami kenaikan jumlah penggunaannya.. Menurut data yang dilansir oleh dirjen perhubungan udara kementerian perhubungan Republik Indonesia, pengguna jasa angkutan udara terus mengalami kenaikan setiap tahunnya, pada tahun 2010 terjadi pertumbuhan sebesar 18,20 persen dibanding tahun sebelumnya, tahun 2011 tumbuh sebesar 16,27 persen, tahun 2012 sebesar 18,65 persen, tahun 2013 sebesar 6,1 persen dan tahun 2014 tumbuh sebesar 12,5 persen [1].

Pada awal tahun 2000, seiring dengan adanya kelonggaran aturan yang diberikan pemerintah tentang jasa transportasi udara, banyak bermunculan maskapai-maskapai udara baru di Indonesia, akan tetapi kemudian kebanyakan dari maskapai tersebut tidak dapat bertahan lama pada industri penerbangan dan pada akhirnya mengalami kebangkrutan, banyak hal yang menyebabkan hal tersebut diantaranya adalah

pertumbuhan bisnis dengan rute yang tidak merata, efisiensi perusahaan dan maskapai yang terlalu fokus pada tarif murah

Efisiensi adalah hal yang wajib dimiliki setiap perusahaan agar mendapatkan produktivitas dan keuntungan yang optimal sehingga bisa terus mengalami kestabilan usaha dan kemajuan. Pada perusahaan maskapai penerbangan, biaya operasional yang berpengaruh sangat besar adalah biaya untuk melaksanakan penerbangan itu sendiri, oleh sebab itu mengerti dan mengetahui tingkat efisiensi suatu rute penerbangan adalah hal yang penting agar perusahaan dapat melakukan evaluasi kepada rute penerbangan dengan kinerja dan tingkat efisiensi yang buruk serta dapat mempertahankan kinerja rute penerbangan dengan tingkat efisiensi yang baik.

Fuzzy Data Envelopment Analysis (FDEA) adalah sebuah teknik untuk menghitung efisiensi relatif pada *Decision Making Unit* (DMU) yang melakukan tugas-tugas yang sama dengan dengan *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, Choun Yu-Chiou dan Yen-Heng Chen [3] melakukan perhitungan dan evaluasi tingkat efisiensi kinerja pada maskapai Taiwan airlines rute domestik dengan menggunakan *data development analysis* konvensional, dimana *input* dan *output* dari DMU pada penelitian tersebut merupakan *input* dan *output* bilangan *crisp* (jelas) yang diasumsikan tidak mempunyai variasi dan tidak berubah. Padahal, pada kenyataannya, *input* dan *output* dari DMU pada permasalahan perhitungan tingkat efisiensi kinerja rute penerbangan selalu berubah, yang bisa terjadi karena kondisi musim, permasalahan cuaca, waktu penerbangan, kondisi alam kota tujuan dan lain-lain, oleh sebab itu, pada penelitian ini digunakannya *Fuzzy DEA* adalah untuk mengatasi hal tersebut.

Dalam penelitian ini, penulis ingin melakukan perhitungan tingkat efisiensi dan evaluasi kinerja rute penerbangan internasional di PT. Garuda Indonesia Tbk dengan menggunakan *fuzzy data envelopment analysis*, serta juga melakukan penetapan nilai target pada rute penerbangan yang kinerjanya tidak efisien.

II. URAIAN PENELITIAN

Pada bagian ini, dijelaskan tentang uraian dari penelitian yang dilakukan termasuk didalamnya tinjauan pustaka dan metode penelitian yang digunakan.

1. Rute Internasional PT.Garuda Indonesia Tbk

Berikut adalah rute penerbangan tujuan internasional dari maskapai Garuda Indonesia yang dijadikan sebagai DMU (*Decision Making Unit*) yang akan dihitung tingkat efisiensi relatifnya [2] :

Tabel 1. Rute Penerbangan Internasional PT.Garuda Indonesia

DMU	RUTE	DMU	RUTE
1	BPN-SIN	19	CGK-TPE
2	CGK-AMS	20	CGK-TYO
3	CGK-AMS-LGW	21	DPS-BNE
4	CGK-AUH-AMS	22	DPS-CGK-BJS
5	CGK-BJS	23	DPS-DIL
6	CGK-BKK	24	DPS-HKG
7	CGK-CAN	25	DPS-HND
8	CGK-HKG	26	DPS-ICN
9	CGK-HND	27	DPS-KIX
10	CGK-ICN	28	DPS-MEL
11	CGK-JED	29	DPS-PER
12	CGK-KIX	30	DPS-SIN
13	CGK-KUL	31	DPS-SYD
14	CGK-MEL	32	DPS-TYO
15	CGK-PER	33	MES-JED
16	CGK-SHA	34	MES-PEN
17	CGK-SIN	35	SUB-JED
18	CGK-SYD	36	SUB-SIN

2. Pengelompokan Data Variabel

Data variabel yang telah didapatkan dari *unit Network Management* PT. Garuda Indonesia pada tahun 2014. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan, variabel dikelompokkan kedalam aspek yang akan dihitung tingkat efisiensi relatifnya. Kedua aspek yang akan dihitung tingkat efisiensi relatifnya adalah efisiensi pada aspek layanan dan aspek biaya, kedua nya akan dijelaskan sebagai berikut:

- Aspek Biaya

Merupakan aspek untuk menghitung tingkat efisiensi penggunaan biaya terhadap jumlah layanan yang dihasilkan pada suatu rute penerbangan, *input* dan *output* pada aspek ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Input dan Output Efisiensi Aspek Biaya

Input (X)	Output (Y)
1. Fleet Cost	1. Revenue Passenger
2. Fuel Cost	Kilometre
3. Direct Traffic Cost	2. Jumlah Pendapatan dari
4. Flight Cost	Penumpang
5. Overhead Cost	

- Aspek Layanan

Merupakan aspek untuk menghitung tingkat efisiensi penggunaan sumber daya yang telah diproduksi terhadap tingkat jumlah layanan yang dihasilkan pada suatu rute penerbangan, *input* dan *output* pada aspek ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Input dan Output Efisiensi Aspek Layanan

Input (X)	Output (Y)
1. Jumlah Penerbangan	1. Revenue Passenger Kilometre
2. Available Seat Kilometre	2. Jumlah Pendapatan dari
	Penumpang

3. Data Envelopment Analysis

Data envelopment analysis adalah sebuah metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dari suatu unit pengambilan keputusan atau unit kerja, yang selanjutnya disebut dengan DMU (*Decision Making Unit*). DEA merupakan teknik dengan dasar model pemrograman linear yang bisa mencakup banyak *input* dan *output* tanpa perlu menentukan bobot untuk tiap variabel sebelumnya. DEA menghitung ukuran efisiensi secara skalar dan menentukan level *input* dan *output* yang efisien untuk unit yang dievaluasi.

Metode *data envelopment analysis* dalam mencari nilai efisiensi relatif pada setiap DMU membutuhkan sebuah pendekatan untuk mendapatkan nilai efisiensi relatif yang optimal, beberapa model pendekatan optimasi pada DEA adalah sebagai berikut:

- Constant Return to Scale

Model ini mengasumsikan bahwa rasio antara penambahan *input* dan *output* adalah sama (*constant return to scale*). Jika ada tambahan *input* sebesar x kali, maka *output* juga akan meningkat sebesar x kali. Asumsi lain yang digunakan dalam model ini adalah bahwa setiap DMU beroperasi pada skala yang optimal.

Nilai efisiensi menggunakan model optimasi CCR dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan optimasi *dual* CCR orientasi *input* berikut ini:

$$\min z_0 = \theta_0 - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (1)$$

$$\text{subject to: } \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - \sigma_r = y_{r0} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta_0 x_{i0} + s_i = 0 \quad (3)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

dengan

θ_0 : nilai efisiensi untuk DMU ke 0

x_i : nilai *input* ke i

y_r : nilai *output* ke r

s_i : *slack* dari *input* ke i

σ_r : *slack* dari *output* ke r

λ_j : bobot DMU ke j terhadap DMU yang dievaluasi

Pareto dan Koopmans[8], mendefinisikan DMU akan dikatakan efisien jika dan hanya jika pada saat melakukan peningkatan beberapa *input* atau *output* tanpa mengakibatkan penurunan *input* ataupun *output* yang lain. Dari definisi diatas dapat disimpulkan bahwa, DMU akan dikatakan efisien jika dan hanya jika[8]:

1. Nilai $\theta_0=1$

2. Nilai *slack* pada *input* dan *output* =0.

Apabila $\theta_0 < 1$ ataupun nilai *slack* $\neq 0$, maka DMU tersebut dikatakan tidak efisien.

- Variable Return to Scale

Model ini dikembangkan oleh BCC (Banker, Charnes dan Cooper) pada tahun 1984 dan merupakan pengembangan dari model CCR. Model ini mengasumsikan bahwa unit kerja tidak atau belum beroperasi pada skala yang optimal. Asumsi dari model ini adalah bahwa rasio antara penambahan *input* dan

output tidak sama (*variable return to scale*). Artinya, penambahan *input* sebesar x kali tidak akan menyebabkan *output* meningkat sebesar x kali, bisa lebih kecil atau lebih besar.

Model optimasi DEA dengan BBC dapat dibentuk dengan menambahkan konstrain pembatas

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (4)$$

Pada model optimasi CCR.

4. Fuzzy Data Envelopment Analysis

Fuzzy data envelopment analysis adalah pengembangan dari *data envelopment analysis* konvensional, dimana *input* dan *output* variabel dari DMU yang akan diuji merupakan *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. data *fuzzy* pada permasalahan *data envelopment analysis* merupakan data yang berbentuk interval dimana nilai dari data tersebut berada diantara interval $[L, U]$

5. Fungsi Keanggotaan Fuzzy dan nilai *crisp* α -level

Pada penelitian ini, semua nilai variabel baik *input* ataupun *output* pada Tabel 2 dan Tabel 3 yang awalnya berupa data interval akan dibentuk menjadi *input* atau *output fuzzy* dengan nilai *triangular fuzzy number*, *triangular fuzzy number* adalah tiga titik nilai parameter yang berada pada fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga.

Didefinisikan A adalah himpunan *fuzzy* variabel pada permasalahan efisiensi kinerja rute penerbangan, x_{ij} merupakan nilai variabel ke- i pada rute penerbangan ke- j , a_{1ij} merupakan nilai minimum dari interval data variabel ke- i pada rute penerbangan ke- j , a_{2ij} merupakan nilai rata-rata dari interval data variabel ke- i pada rute ke- j dan a_{3ij} merupakan nilai maksimal dari interval data variabel ke- i pada rute ke- j , maka fungsi keanggotaan segitiga untuk semua variabel pada semua rute secara umum dapat ditulis dengan [4].

$$\mu_A(x_{ij}) = \begin{cases} 0 & , \text{jika } x_{ij} \leq a_{1ij} \\ \frac{x_{ij}-a_{1ij}}{a_{2ij}-a_{1ij}} & , \text{jika } a_{1ij} < x_{ij} \leq a_{2ij} \\ \frac{x_{ij}-a_{3ij}}{a_{2ij}-a_{3ij}} & , \text{jika } a_{2ij} < x_{ij} < a_{3ij} \\ 0 & , \text{jika } x_{ij} \geq a_{3ij} \end{cases} \quad (5)$$

Setelah didapatkan fungsi keanggotaan segitiga untuk semua variabel, selanjutnya adalah mendapatkan nilai *crisp* variabel tersebut untuk setiap α -level *fuzzy* yang dikehendaki. Pada penelitian ini akan digunakan sebelas nilai α -level pada rentang $[0,1]$. Dari fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga (5), maka untuk mendapatkan nilai *crisp* dari variabel *input* dan *output* pada α -level yang diinginkan didapat:

$$x_{ij} \min = \alpha (a_{2ij} - a_{1ij}) + a_{1ij} \quad (6)$$

$$x_{ij} \max = \alpha (a_{2ij} - a_{3ij}) + a_{3ij} \quad (7)$$

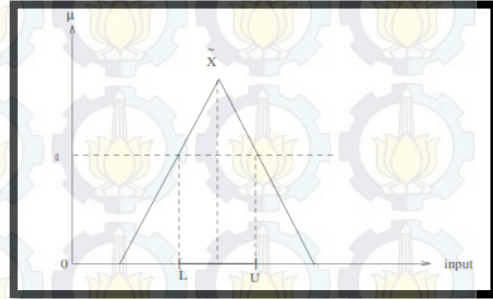
$x_{ij} \min$ adalah nilai *crisp* terendah atau minimal yang memungkinkan pada suatu α -level *fuzzy* yang ditentukan, sementara $x_{ij} \max$ adalah nilai *crisp* tertinggi atau maksimal yang memungkinkan pada suatu α -level *fuzzy*. Jadi untuk setiap α -level nilai *crisp* dari variabel merupakan nilai yang berada pada interval

$$A = [\alpha (a_{2ij} - a_{1ij}) + a_{1ij}, \alpha (a_{2ij} - a_{3ij}) + a_{3ij}] \quad (8)$$

6. Pendekatan α -level based approach

Fuzzy data envelopment analysis dapat diselesaikan dengan beberapa metode, pada penelitian ini akan digunakan pendekatan α -level based approach untuk mendapatkan nilai *crisp* dari *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. DMU akan dihitung tingkat efisiensinya pada setiap α -level *fuzzy* *input* dan *fuzzy output* yang berada pada interval $[L, U]$ pada fungsi keanggotaan *fuzzy* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Untuk mendapatkan tingkat efisiensi dengan α -level based approach, nilai efisiensi dihitung dengan dua persepsi, yaitu *optimistic* dan *pesimstic*, sehingga didapatkan rentang terbesar dari nilai efisiensi dan terbentuk himpunan efisiensi *fuzzy*.



Gambar 1. Nilai interval untuk fuzzy input/output pada α level - Optimistic

Metode *optimistic* adalah metode yang akan digunakan jika pengambil keputusan mempunyai pandangan yang optimis pada DMU yang akan diuji tingkat efisiensinya namun mempunyai pandangan pesimis terhadap DMU yang lain, dengan kata lain akan diambil *input* terkecil dan *output* terbesar pada DMU yang akan diuji tingkat efisiensinya namun pada DMU yang lain akan diambil *input* terbesar dan *output* terkecil pada interval data yang memenuhi setiap α -level *fuzzy*. Model persamaan dari metode ini dengan model optimasi BCC bentuk *duality* adalah sebagai berikut:.

Saat $j = 1$

$$(E_j)_\alpha^U = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (9)$$

$$\text{subject to: } (y_{rj})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^L \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^U \quad (10)$$

$$(x_{ij})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^U \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^L + s_i = 0 \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (12)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

Saat $j \geq 2$ dan $j \leq n - 1$

$$(E_j)_\alpha^U = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (13)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{j-1} (y_{rm})_\alpha^L \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^L \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^U \quad (14)$$

$$\sum_{m=1}^{j-1} (x_{im})_\alpha^U \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^U \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^L + s_i = 0 \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (16)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

Saat $j = n$

$$(E_j)_\alpha^U = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (17)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{n-1} (y_{rm})_\alpha^U \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^U \lambda_j - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^U \quad (18)$$

$$\sum_{m=1}^{n-1} (x_{im})_\alpha^U \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^U \lambda_j - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (20)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

- *Pesimistic*

Metode *pesimistic* adalah metode yang akan digunakan jika pengambil keputusan mempunyai pandangan yang pesimis pada DMU yang akan diuji tingkat efisiensinya namun mempunyai pandangan optimis terhadap DMU yang lain, dengan kata lain akan diambil *input* terbesar dan *output* terkecil pada DMU yang akan diuji tingkat efisiensinya namun pada DMU yang lain akan diambil *input* terkecil dan *output* terbesar pada interval data yang memenuhi setiap α -level fuzzy. Model persamaan dari metode ini dengan model optimasi BCC bentuk *duality* adalah sebagai berikut.

Saat $j = 1$

$$(E_j)_\alpha^L = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (21)$$

$$\text{subject to: } (y_{rj})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^U \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^L \quad (22)$$

$$(x_{ij})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^L \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (24)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

Saat $j \geq 2$ dan $j \leq n - 1$

$$(E_j)_\alpha^L = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (25)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{j-1} (y_{rm})_\alpha^U \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^U \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^L \quad (26)$$

$$\sum_{m=1}^{j-1} (x_{im})_\alpha^L \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^L \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (28)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

Saat $j = n$

$$(E_j)_\alpha^L = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (29)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{n-1} (y_{rm})_\alpha^U \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^L \lambda_j - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^L \quad (30)$$

$$\sum_{m=1}^{n-1} (x_{im})_\alpha^L \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^U \lambda_j - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (31)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (32)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

7. Fuzzy Efficiency Ranking

Nilai efisiensi fuzzy yang telah didapatkan pada tiap-tiap α -level dengan metode *optimistic* dan *pessimistic* yang telah didapatkan, terbentuklah himpunan efisiensi fuzzy. Maka untuk mendapatkan ranking dari himpunan efisiensi fuzzy pada kinerja rute penerbangan internasional, diperlukan metode perankingan himpunan fuzzy, pada penelitian ini akan digunakan metode perankingan fuzzy yang dicetuskan oleh Chen dan Klein [6].

$$I(\tilde{E}_j) = \frac{\sum_{i=0}^n ((E_j)_\alpha^U - c)}{[\sum_{i=0}^n ((E_j)_\alpha^U - c) - \sum_{i=0}^n ((E_j)_\alpha^L - d)]} \quad (33)$$

dengan

$I(\tilde{E}_j)$: Index efisiensi dari rute ke - j

$(E_j)_\alpha^U$: Efisiensi dari rute ke j dengan metode *optimistic* pada α -level ke i

$(E_j)_\alpha^L$: Efisiensi dari rute ke j dengan metode *pessimistic* pada α -level ke i

c : Nilai efisiensi minimum dengan metode *pessimistic* pada setiap α -level

d : Nilai efisiensi maksimum dengan metode *optimistic* pada setiap α -level

8. Penetapan Target *Input* dan *Output*

Kinerja rute penerbangan internasional yang tidak efisien harus melakukan perbaikan pada variabel *input* ataupun *output* agar rute penerbangan tersebut dapat memperbaiki kinerjanya menjadi efisien, pada kasus ini diperlukan nilai efisiensi teknis yang paling rasional untuk mendapatkan target yang rasional pula pada rute penerbangan yang tidak efisien, untuk itu akan digunakan nilai efisiensi pada saat $\alpha = 1$, karena pada saat $\alpha = 1$ nilai variabel diambil dari nilai rata-rata data variabel tersebut. Rute yang tidak efisien dicari nilai target variabelnya dengan menggunakan formula berikut[7].

$$\text{Output : } Y_{rj} \text{ target} = Y_{rj} + OS_{rj} \quad (34)$$

$$\text{Input : } X_{ij} \text{ target} = TE \times X_{ij} - IS_{ij} \quad (35)$$

dengan

$Y_{rj} \text{ target}$: Target *output* ke r dari rute ke j

Y_{rj} : Nilai rata-rata *output* ke r rute ke j

OS_{rj} : *Output slack* ke r dari rute ke j

$X_{ij} \text{ target}$: Target *input* ke i dari rute ke j

X_{ij} : Nilai rata-rata *input* ke i rute ke j

IS_{ij} : *Input slack* ke i dari rute ke j

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

1. Nilai Efisiensi dan Ranking Kinerja Rute Penerbangan Internasional.

Untuk mendapatkan nilai efisiensi pada kinerja rute penerbangan dari aspek biaya dan aspek layanan, nilai dari variabel yang berupa data interval dicari nilai *crisp* nya untuk 11 nilai α -level fuzzy pada rentang [0,1] yang telah ditetapkan.

Sebagai contoh Tabel 4 menunjukkan nilai interval dari variabel pada rute penerbangan BPN-SIN atau pada DMU 1.

Tabel 4. Nilai Data Interval pada DMU 1

Variabel	Rata-rata	Minimum	Maksimum
<i>fleet cost (USD)</i>	115526.6	110568.89	118590.8
<i>fuel cost (USD)</i>	193487.8	172083.67	215267.9
<i>direct traffic cost (USD)</i>	52957.4	44601.70	59082.28
<i>flight cost (USD)</i>	147348.2	132188.44	160653
<i>overhead cost (USD)</i>	37653.6	33915.677	42488.88
J. Penerbangan (Kali)	33.7	30	36
ASK (000)	7990.1	7119.9	8543.88
RPK (000)	4225.8	3376.83	4626.47
J. Pendapatan (USD)	355769.4	308766.60	374275.7

Nilai data interval tersebut selanjutnya akan dibentuk menjadi bilangan *triangular fuzzy*, yang selanjutnya dibentuk fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga, sehingga dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) dapat didapatkan nilai *crisp* variabel untuk setiap nilai α -level yang dikehendaki. Program MATLAB R2010a digunakan untuk mempermudah mendapatkan nilai *crisp* variabel untuk setiap α -level pada setiap rute penerbangan yang dihitung tingkat efisiensinya. Setelah didapatkan nilai *crisp input* dan *output* untuk setiap α -level, maka akan dihitung nilai efisiensi dengan menggunakan model optimasi DEA, model optimasi *data envelopment analysis* yang digunakan adalah model BCC dengan orientasi *input* atau metode optimasi *variable return to scale input oriented*.

Nilai efisiensi kinerja rute penerbangan internasional untuk setiap α -level dapat didapatkan dengan menyelesaikan model optimasi (9)-(20) dan (21)-(32) menggunakan program MATLAB R2010a. Setelah didapatkan nilai efisiensi untuk setiap α -level yang merupakan nilai efisiensi *fuzzy* dan terbentuk himpunan efisiensi *fuzzy*, *ranking* efisiensi kinerja rute penerbangan dari kedua aspek dapat ditemukan dengan memasukkan hasil efisiensi tersebut ke dalam persamaan (33) dengan menggunakan program MATLAB R2010a. hasil *ranking* efisiensi kinerja rute penerbangan periode tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ranking Kinerja Rute Penerbangan

DMU	Aspek Biaya		Aspek Layanan	
	Indeks Fuzzy Ranking	Ranking	Indeks Fuzzy Ranking	Ranking
BNP-SIN	0.645	3	0.739	2
CGK-AMS	0.551	22	0.541	27
CGK-AMS-LGW	0.576	12	0.597	8
CGK-AUH-AMS	0.515	33	0.512	33
CGK-BJS	0.513	34	0.530	30
CGK-BKK	0.607	6	0.546	25
CGK-CAN	0.534	29	0.587	11
CGK-HKG	0.530	31	0.539	28
CGK-HND	0.504	35	0.486	36
CGK-ICN	0.551	23	0.565	18
CGK-JED	0.609	5	0.603	5
CGK-KIX	0.533	30	0.586	12
CGK-KUL	0.559	17	0.539	29
CGK-MEL	0.527	32	0.576	15
CGK-PER	0.590	10	0.584	13
CGK-SHA	0.567	14	0.599	7
CGK-SIN	0.638	4	0.667	4
CGK-SYD	0.541	28	0.583	14
CGK-TPE	0.559	18	0.542	26
CGK-TYO	0.561	16	0.571	16
DPS-BNE	0.547	24	0.508	34
DPS-CGK-BJS	0.494	36	0.492	35
DPS-DIL	0.720	2	0.723	3
DPS-HKG	0.594	8	0.558	20

DPS-HND	0.553	21	0.547	24
DPS-ICN	0.554	20	0.550	22
DPS-KIX	0.573	13	0.570	17
DPS-MEL	0.557	19	0.555	21
DPS-PER	0.545	27	0.515	32
DPS-SIN	0.579	11	0.519	31
DPS-SYD	0.566	15	0.588	10
DPS-TYO	0.546	25	0.548	23
MES-JED	0.600	7	0.601	6
MES-PEN	0.976	1	0.998	1
SUB-JED	0.545	26	0.595	9
SUB-SIN	0.590	9	0.565	19

Dengan diketahuinya *ranking* dari efisiensi kinerja rute penerbangan internasional PT.Garuda Indonesia Tbk, maka diharapkan pihak perusahaan bisa dapat mengetahui rute mana saja yang harus dijadikan prioritas untuk dievaluasi kinerjanya, sehingga evaluasi bisa dilakukan dengan tepat sasaran.

2. Penetapan Nilai Target untuk Rute Internasional yang Tidak Efisien

Nilai variabel *input* dan *output* hasil penetapan target yang dapat digunakan untuk perbaikan nilai efisiensi kinerja rute penerbangan didapatkan dengan menghitung nilai target pada persamaan (34) dan (35), nilai *input* dan *output* hasil penetapan target yang harus dipenuhi per bulannya agar rute yang tidak efisien dapat menjadi efisien bisa dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Target *Input* dan *Output* Aspek Biaya

DMU	Fleet Cost (USD)	Fuel Cost (USD)	Direct Traffic Cost (USD)	Flight Cost (USD)	Overhead Cost (USD)	RPK (000)	J.pendapatan (USD)
CGK-AUH-AMS	1319410.7	2820662.8	401937.4	1028898.6	494218.6	73108.0	5567753.9
DMU	Fleet Cost (USD)	Fuel Cost (USD)	Direct Traffic Cost (USD)	Flight Cost (USD)	Overhead Cost (USD)	RPK (000)	J.pendapatan (USD)
CGK-BJS	690560.6	1521027.3	237848.7	687778.8	279227.7	40732.0	2951781.9
CGK-CAN	625310.0	1169174.2	255219.6	678708.5	271815.3	29191.0	2987023.0
CGK-HKG	1160241.8	2175788.1	393925.7	1093478.7	449819.7	56925.0	5166824.0
CGK-HND	824229.8	1652766.6	278305.4	756882.3	310000.5	45297.0	3291980.7
CGK-ICN	977584.4	1859228.9	327647.4	886292.7	368145.8	49153.0	4147796.0
CGK-KIX	468868.6	993608.1	182224.9	586911.8	190857.5	24378.9	2270226.0
CGK-KUL	371708.4	619829.4	179781.3	479036.0	185368.8	17915.0	1656599.0
CGK-MEL	535895.2	994761.4	213202.1	610011.1	234741.3	26604.0	2461404.0
CGK-SHA	1141577.1	2192518.8	434994.3	980392.4	465756.0	54652.9	5078933.0
CGK-SYD	675381.9	1267406.7	271107.9	737648.3	297098.2	33995.0	3061562.0
CGK-TPE	419220.5	737703.0	167749.6	489010.3	170786.4	22555.0	1564603.2
CGK-TYO	1449302.7	2812665.2	509268.5	1148296.3	566639.3	71062.8	6277314.0
DPS-BNE	415134.4	681392.9	192112.6	523835.3	194432.6	21607.0	1636836.0
DPS-CGK-BJS	661449.6	1733021.8	216942.3	661801.9	274802.0	42891.0	3114590.3
DPS-HND	1109209.1	2206959.0	361183.6	965437.6	412144.8	58040.0	4662863.0
DPS-ICN	961727.9	2089413.9	308215.9	834575.3	372096.0	54800.0	4088131.7
DPS-PER	470619.5	812200.7	265379.1	627032.9	255812.8	23070.0	2141155.0
DPS-SIN	415138.1	723994.3	171356.8	527072.3	169818.7	20719.0	1725807.0
DPS-SYD	953048.3	1814326.9	437678.5	1067171.3	434569.9	48674.0	4261427.0
DPS-TYO	1101427.7	2291120.5	454561.7	1178351.2	496279.2	59939.0	4925498.0
SUB-SIN	178270.3	309397.5	77959.1	227110.1	65696.8	8115.0	615896.0

Tabel 7. Target *Input* dan *Output* Aspek Layanan

DMU	Jumlah penerbangan	ASK(000)	RPK(000)	Jumlah pendapatan (USD)
CGK-AUH-AMS	33.84	90670.69	73107.64	4430594.45
CGK-BJS	40.34	52606.23	40732.30	2927891.06
CGK-BKK	126.06	47939.54	33286.34	3791670.82
CGK-CAN	56.03	41789.09	29190.52	2987022.97
CGK-HKG	97.66	73032.79	53292.49	5166824.11
CGK-HND	38.23	57448.18	45297.37	3011809.72
CGK-ICN	54.10	63720.22	49153.13	4147796.36
CGK-KIX	32.51	39935.70	26685.85	2270225.84
CGK-KUL	63.59	23425.29	17914.69	1656598.66
CGK-MEL	35.23	41226.18	28144.24	2461403.55
CGK-PER	41.46	20311.49	13931.34	1351360.71
CGK-TPE	44.07	28109.30	22555.11	1353716.85
CGK-TYO	58.01	100834.52	70099.89	6277314.23
DPS-BNE	39.67	28850.16	21606.68	1636835.52
DPS-CGK-BJS	35.75	54901.89	42891.41	2819368.34
DPS-HKG	46.56	31523.62	25061.70	1698215.62
DPS-HND	54.47	74798.51	58040.13	4662862.96
DPS-ICN	49.01	69210.07	54799.67	4051631.36
DPS-KIX	54.99	72750.36	54465.37	4685003.50
DPS-MEL	54.15	59536.86	45528.60	3969229.82
DPS-PER	63.71	30180.06	23069.84	2141155.50
DPS-SIN	51.99	26623.81	20718.61	1725806.66
DPS-TYO	53.38	79420.21	59939.25	4925498.28
SUB-SIN	47.57	10587.74	8115.07	615895.51

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada perhitungan *fuzzy data envelopment analysis* untuk menghitung tingkat efisiensi kinerja rute penerbangan internasional PT.Garuda Indonesia Tbk, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada efisiensi aspek biaya, rute yang mempunyai kinerja paling baik adalah rute penerbangan dari kota Medan, Indonesia ke kota Penang, Malaysia (MES-PEN) dengan nilai indeks fuzzy ranking sebesar 0.976, sementara rute dengan kinerja paling buruk adalah rute penerbangan dari kota Denpasar, Indonesia ke kota Beijing, RRC (DPS-CGK-BJS) dengan nilai indeks fuzzy ranking sebesar 0.494. Pada efisiensi aspek layanan, rute yang mempunyai kinerja paling baik adalah rute penerbangan dari kota Medan, Indonesia ke kota Penang, Malaysia (MES-PEN) dengan nilai indeks fuzzy ranking sebesar 0.999, sementara rute dengan kinerja paling buruk adalah rute penerbangan dari kota Jakarta menuju kota Tokyo bandara Internasional Tokyo Haneda, Jepang (CGK-HND) dengan nilai indeks fuzzy ranking sebesar 0.486.
2. Rute-rute penerbangan yang kinerjanya tidak efisien, dapat dievaluasi kinerjanya dengan menghitung tingkat efisiensi saat nilai $\alpha = 1$. Rute penerbangan yang tidak efisien, pada aspek biaya, secara keseluruhan harus mengurangi penggunaan biaya sesuai dengan nilai penetapan target yang telah didapatkan, beberapa rute juga harus meningkatkan jumlah *revenue passenger kilometer* dan jumlah pendapatan

sesuai dengan nilai penetapan target, agar rute tersebut dapat menjadi efisien. Sementara, pada aspek layanan, rute yang tidak efisien secara keseluruhan harus mengurangi jumlah penerbangan dan *available seat kilometer* sesuai dengan nilai penetapan target yang telah didapatkan, serta beberapa rute juga harus meningkatkan jumlah *revenue passenger kilometer* dan jumlah pendapatan agar rute tersebut dapat menjadi efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis A.F. mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Dra. Mardijah, M.T selaku pembimbing, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak PT. Garuda Indonesia Tbk atas bimbingan dan kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakti, Herry. (2014), *Data Kenaikan Pengguna Angkutan Udara*. Jakarta: Dirjen Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [2] Profil Garuda Indonesia. (2014), diakses dari www.garuda-indonesia.com pada tanggal 30 Agustus 2014
- [3] Chiou, Y-Choun et al. (2006), *Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis*. Taipei : **Transportation Research Part E** **42**, 116–127.
- [4] Kusumadewi, S dan Purnomo, S. (2004), *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [5] Hatami, Adel et al. (2011), *A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature : two decades in the making*. Belgium : **European journal of operation research** **214**, 457-472.
- [6] Safeedpari, P et al (2012), *Application of Fuzzy Data Envelopment Analysis for Ranking Dairy Farms in the View of Energy Efficiency*. Iran : **J Anim Prod Av**, **2(6)**: 284-294.
- [7] Realis, Danang. (2009), *Aplikasi metode fuzzy-data envelopment analysis untuk menganalisa efisiensi PDAM Surabaya*. Surabaya: Tugas Akhir jurusan Teknik Industri ITS Surabaya.
- [8] Lertworasirikul, S.(2002), *Fuzzy data envelopment analysis*. North Carolina : Dissertation of Industrial Engineering of North Carolina university.
- [9] Khazastri, E. (2009), *Analisis Produktivitas Proses Pelayanan pada Divisi Fleksi dengan Metode Data Envelopment Analysis di PT. Telkom Tbk. Medan* : Tugas Akhir jurusan Teknik Industri USU Medan.